

# DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA GRÁFICA PARA EL ECODISEÑO DE PRODUCTOS

M<sup>a</sup> Rosario Vidal, M<sup>a</sup> Dolores Bovea, M<sup>a</sup> José Bellés, Carlos Montilla

*Departamento de Tecnología. Universitat Jaume I de Castellón*

## RESUMEN

Durante los últimos años se ha producido un gran avance en la concienciación ambiental de los consumidores y en el conocimiento de los perjuicios ambientales que producen los productos industriales. El diseñador juega un papel muy importante para conseguir reducir su impacto ambiental, pero para ello necesita metodologías y técnicas que le permitan transferir los conocimientos ambientales al diseño de productos. Un problema que presentan las convencionales metodologías de evaluación del ciclo de vida es la dificultad para adaptar sus valoraciones ambientales a entornos muy concretos como sucede en el diseño de productos y, sin embargo, esta adaptación es fundamental para conseguir que las empresas tengan una motivación para mejorar ambientalmente sus procesos productivos.

En esta comunicación presentamos el desarrollo de una herramienta que permite incluir la valoración ambiental durante la fase de diseño gráfico, aplicándose en una primera fase al diseño de muebles. Esta herramienta utiliza la plataforma y los algoritmos de programación de un software comercial de diseño asistido por ordenador. Previamente al desarrollo de la herramienta gráfica se ha efectuado un inventario ambiental de las etapas del ciclo de vida de los muebles, se han obtenido los parámetros más importantes en la evaluación del ciclo de vida y se han introducido en la herramienta gráfica para que el diseñador pueda adaptarlos a la realidad concreta de su empresa.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para evaluar el impacto que un diseño puede producir sobre el medio ambiente existen diferentes métodos. El método de análisis del ciclo de vida (ACV) de un

producto es el considerado como más completo ya que permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto o proceso, identificando y cuantificando los recursos materiales y energéticos utilizados y las emisiones al medio ambiente, analizando los impactos producidos y, por último, evaluando posibles mejoras.

Un estudio completo del ciclo de vida de un producto considera las etapas de extracción y proceso de materia prima; producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; y reciclado y disposición del residuo. Como resultado de este análisis obtenemos un indicador de calidad ambiental. La metodología ACV, según la SETAC (1993), consta de las siguientes etapas:

- Definición de objetivos: establecimiento de objetivos, alcance y definición de la unidad funcional.
- Análisis de inventario: identificación y evaluación de las entradas (materia prima y energía) y salidas (emisiones gaseosas, líquidas y residuos sólidos) de cada una de las etapas del ciclo de vida del producto.
- Análisis del impacto: clasificación, caracterización, normalización y valoración de los impactos ambientales identificados en la etapa de análisis de inventario.
- Evaluación de mejoras: propuesta de ventajas medioambientales al ciclo de vida actual del producto.

A efectos de imputar correctamente el impacto ambiental es muy importante la correcta definición para cada material y proceso, que forman parte del ciclo de vida, de la unidad funcional, que es la unidad de medida que permite comparar dos productos que realicen la misma función, y la definición de la unidad de medida a la que referir el impacto ambiental.

En los últimos años, los sistemas de modelado de sólidos basados en elementos característicos han supuesto una importante revolución en el campo del diseño asistido por ordenador (CAD). Estos programas permiten desarrollar modelos como sólidos trabajando en un entorno tridimensional, los cuales tienen volumen y área de superficie que posibilitan el cálculo de propiedades de masa. Con la información de superficies, volúmenes y masas se pueden determinar los impactos ambientales para los materiales y procesos que configuran cada producto.

En la comunicación se muestran los primeros resultados de la integración de las técnicas de ACV al diseño de productos con los actuales programas de CAD. Inicialmente la investigación se ha centrado en el sector del mueble, pero la misma metodología sería extensible y aplicable para el diseño de cualquier producto.

## **2. METODOLOGÍA**

La metodología que estamos siguiendo en el desarrollo del proyecto se puede dividir en tres grandes pasos que se comentan en los siguientes apartados:

1. Desarrollo de una metodología simplificada de evaluación ambiental.
2. Análisis del inventario de las principales etapas del ciclo de vida y análisis del impacto ambiental.
3. Desarrollo de una herramienta gráfica para incluir la información ambiental en la fase de diseño.

## **3. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE ACV**

La aplicación de las técnicas de ACV es difícil para las medianas y pequeñas empresas por el alto coste que les supone recabar la información necesaria para la etapa de inventario. Una solución a este problema lo aportan las técnicas simplificadas de ACV.

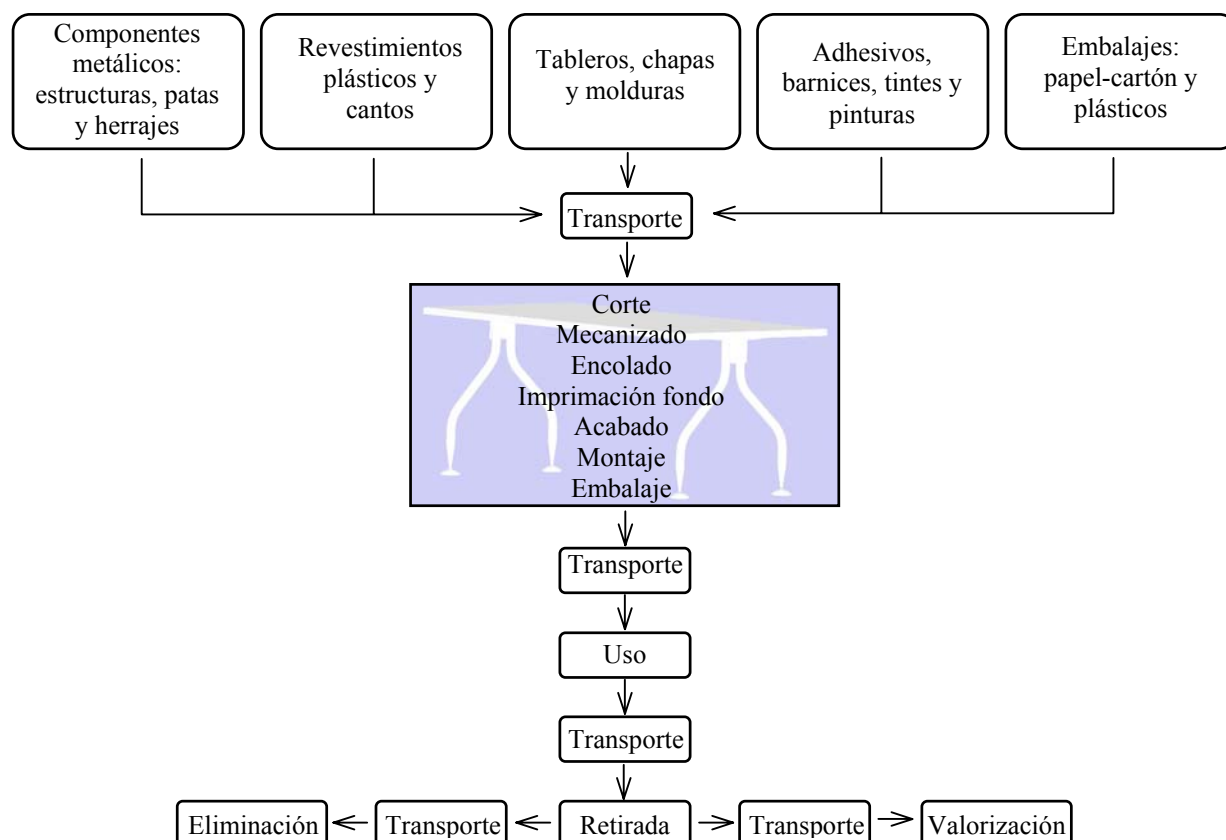
Se han estudiado varias técnicas aplicándolas al diseño de muebles (Bovea & Vidal, 2000) como, por ejemplo, considerar sólo las materias primas que representan un mayor porcentaje en peso, considerar sólo el consumo energético, excluir algunas etapas, etc. La técnica que ha obtenido mejores resultados consiste en considerar sólo los contaminantes más importantes como son CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Pb, etc., que son relativamente fáciles de medir y de indentificar con determinadas etapas del ciclo de vida como transporte, acabados, consumo de energía eléctrica, etc.

Las consecuencias son muy importantes, identificando las etapas y procesos más significativos y controlando unos pocos parámetros como el consumo de electricidad, los aditivos en el PVC, etc. es posible obtener unos resultados fiables, con poca complejidad y coste y que al mismo tiempo inciten a las empresas a controlar dichos parámetros e intentar mejorarlos ambientalmente.

## **4. ANÁLISIS DEL INVENTARIO Y DEL IMPACTO**

La elaboración de un inventario de parámetros ambientales a lo largo del ciclo de vida es un paso imprescindible para la evaluación ambiental. Sin embargo, la

información disponible es muy escasa y poco fiable. Inicialmente se ha realizado una búsqueda de la información disponible en estudios sectoriales como el elaborado por AIDIMA (1994) y en bases de datos ambientales (ETH-EMPA, 1998; IVAM, 1998; etc.). Al contrastarla se han observado importantes diferencias entre las fuentes, en parte debidas a la gran diversidad de procesos y materiales que pueden ser incluidos y que en la información recopilada no quedan suficientemente caracterizados.



*Figura 1. Etapas del ciclo de vida consideradas*

Las lagunas de información, por una parte, y, por otra, las diferencias observadas han guiado el trabajo de campo conducente a recabar información directamente de las empresas (principalmente radicadas en la Comunidad Valenciana). Se ha diferenciado entre el inventario de las etapas del ciclo de vida internas, en las que participan directamente las empresas fabricantes de los muebles y a las que pertenecen los diseñadores o trabajan para ellas, de las etapas del ciclo de vida que son externas a las empresas fabricantes como, por ejemplo, la fabricación de los tableros aglomerados y sobre las que el diseñador no tiene un control directo,

limitándose sus acciones principalmente a la búsqueda de otros proveedores o a la selección dentro de la gama que ofrecen de productos más ecológicos (Figura 1).

El inventario de las etapas del ciclo de vida externas más importantes se ha efectuado seleccionando previamente una muestra representativa de empresas para estudiar por medio de cuestionarios y entrevistas su contaminación por unidad funcional. En el sector del mueble, las empresas proveedoras suelen dedicarse a unos pocos productos o procesos muy específicos, facilitando de esta forma la imputación de los impactos ambientales.

El inventario de las etapas del ciclo de vida internas a las empresas del sector del mueble se ha basado en la medición detallada de la contaminación y su asignación a la unidad funcional correspondiente de cada etapa de los procesos productivos de dos empresas que colaboran en la investigación.

Con la información de inventario obtenida se procede a determinar los parámetros ambientales más significativos y que se dejarán como variables para motivar la corrección en la empresa manufacturera. La evaluación del impacto ambiental se realiza con el método Eco-Indicador y el programa SimaPro 4.0 (Pré, 1997), que permite determinar el perfil ecológico de diferentes productos, permitiendo identificar los materiales y procesos que presentan un peor comportamiento ambiental.

## **5. ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA GRÁFICA**

El software comercial de CAD seleccionado es PRO/ENGINEER y se utiliza PRO/TOOLKIT para programar nuevos algoritmos con los que incorporar información ambiental al proceso de diseño (PTC, 1999).

En la primera fase, la información ambiental se puede dividir en dos grupos (Figura 2):

- Propiedades ambientales de los materiales.
- Propiedades ambientales de los procesos de fabricación.

En fases posteriores, la información ambiental podría incrementarse con la determinación de:

- Porcentajes de reciclabilidad para los materiales.
- Tiempos de desensamblado.

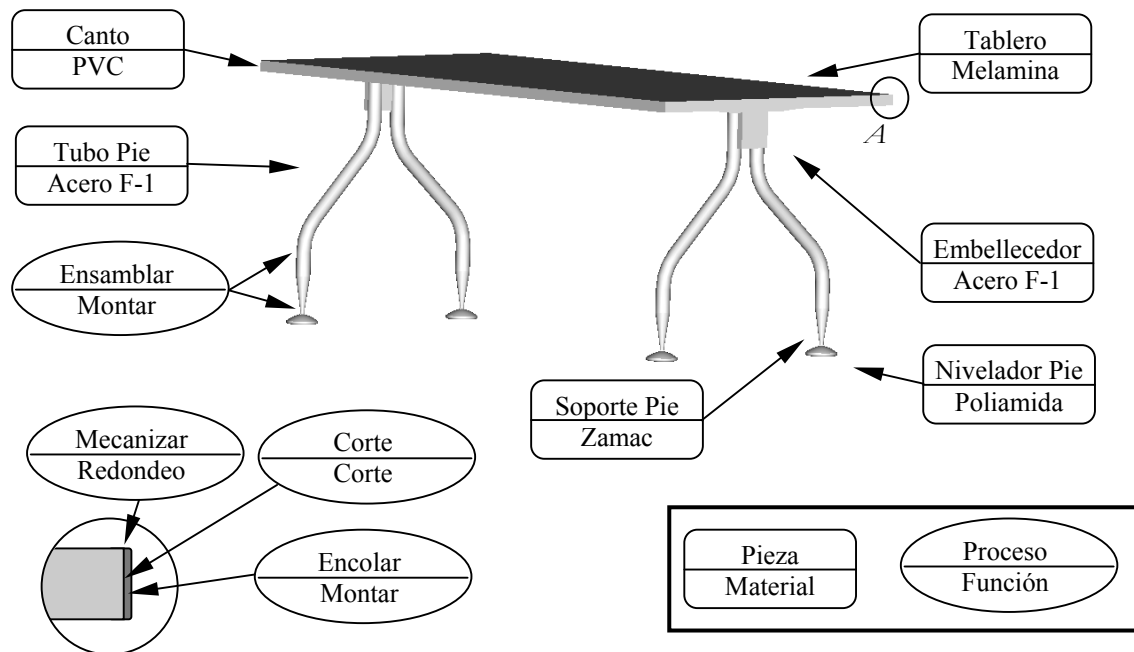


Figura 2. Propiedades ambientales de los materiales y procesos

## 5.1. Propiedades ambientales de los materiales

El diseño de cualquier producto se define a partir del diseño tridimensional de cada una de sus piezas o componentes, que a su vez están constituidas por elementos característicos o *features* como taladros, chaflanes, etc.

Los elementos característicos se expresan por medio de un conjunto de entidades geométricas y topológicas y por un conjunto de parámetros que controlan sus dimensiones. Los atributos de estos elementos característicos contienen información adicional a la puramente geométrica como son las propiedades de masa y de materiales, de los cuales se aprovecha nuestra aplicación para determinar los impactos ambientales.

Los impactos ambientales de los materiales generalmente se expresan por unidad de masa (kg). Son menos frecuentes los que se expresan por unidad de superficie ( $m^2$ ) o de volumen ( $m^3$ ), como por ejemplo, algunos acabados.

A través de la consola o por medio de algoritmos programados se identifica cada pieza y se le asigna un material y su densidad. El programa calcula el peso, por medio de la programación y las funciones de Pro/TOOLKIT se accede a esta información y se relaciona con una base de datos construida a partir del análisis de inventario y de la evaluación del impacto, que contiene los impactos ambientales

unitarios utilizando el método Eco-Indicador y expresados funcionalmente por medio de parámetros significativos.

El último paso consiste en mostrar al usuario el impacto ambiental de los materiales de la pieza junto a los valores de los parámetros significativos por defecto para permitir su adecuación a las características del diseño y de la empresa y con ello la estimación definitiva del impacto.

## 5.2. Propiedades ambientales de los procesos de fabricación

El control del impacto ambiental de los procesos de fabricación depende directamente de la empresa que fabrica los muebles y, en ocasiones, las mismas personas se encargan del diseño, de la planificación de la fabricación y de los controles ambientales.

El objetivo es que esta herramienta sea lo suficientemente flexible para adaptarse a las exigencias del diseño del software de CAD y a la realidad productiva de la empresa. Las propiedades ambientales de cada proceso de fabricación deben expresarse en función de la unidad que se procesa, así por ejemplo, en el caso de un corte, esta superficie debe ser por metro cuadrado de superficie de corte.

Aprovechando los atributos de los elementos característicos se han programado algoritmos para realizar los cálculos ambientales. La Tabla 1 recoge algunos de los procesos de fabricación, su identificación con las funciones de PRO-ENGINEER, la unidad funcional a considerar, el impacto ambiental promedio por unidad funcional y los parámetros más significativos.

Proceso fabricación	Función Pro-Engineer	Unidad funcional	Parámetros significativos
Corte	Corte	m <sup>2</sup> superficie de corte	E. Eléctrica
Mecanizado	Taladro Chaflán Redondeo Ranura Vaciado	m <sup>2</sup> superficie de corte	E. Eléctrica
Encolado cantos	Montar componentes	m <sup>2</sup> superficie	E. Eléctrica / Cola
Chapado	Montar componentes	m <sup>2</sup> de chapa	E. Eléctrica / Cola blanca
Post-formado	Montar componentes	m <sup>2</sup> de post-forming	E. Eléctrica / Cola blanca

*Tabla 1. Relación de los procesos de fabricación con la evaluación ambiental*

## 6. CONCLUSIONES

La simplificación de la técnicas de análisis del ciclo de vida y su integración en el diseño de productos, compartiendo las misma plataforma que utilizan los diseñadores, como es un programa comercial de CAD, y la realización de un inventario en el sector del mueble son los resultados de este trabajo de investigación que pretende facilitar la mejora del impacto ambiental de los productos.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Esta trabajo ha sido posible gracias a las subvenciones de la Generalitat Valenciana (GV99-65-1-11) y de la CICYT (TAP99-0608).

## 8. REFERENCIAS

- AIDIMA, Intituto Tecnológico del Muebe y Afines (1994). *Diagnosis general medioambiental del sector del mueble y afines*. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia.
- Bovea, M.D.; Vidal, R. (2000). *Comparison of Different Streamlined LCA Applied to Product Design*. International Conference on LCA, Arlington (E.E.U.U.).
- ETH-Swiss Federal Institute of Technology, Zurich; EMPA St. Gall (1998). *Life Cycle Inventories for Packagings*. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL/ BUWAL).
- IVAM Environmental Research (1998). *IVAM LCA Data 2.0*. University of Amsterdam.
- PTC, Parametric Technology Corporation (1999). *Pro/ENGINEER 21, Pro/TOOLKIT*.
- Pré Consultants (1997). *SimaPro 4.0*.
- SETAC. (1993). *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice"*.

## CORRESPONDENCIA

M<sup>a</sup> Rosario Vidal Nadal

Área de Proyectos de Ingeniería. Departamento de Tecnología. Universitat Jaume I  
Campus Riu Sec. 12071 Castellón

Teléfono: 964 728184; Fax: 964 728106; e-mail: [vidal@tec.uji.es](mailto:vidal@tec.uji.es)